

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

16869N-040800

J1002 U.S. PTO
J10/052739



01/17/02

日本特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日
Date of Application:

2001年10月17日

出願番号
Application Number:

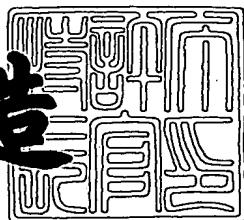
特願2001-319028

出願人
Applicant(s):

日本オプネクスト株式会社

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



2001年12月21日

出証番号 出証特2001-3111422

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT01P0798

【提出日】 平成13年10月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04J 14/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 古市 浩朗

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 川本 和民

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 日本オプネク
スト株式会社内

【氏名】 黒口 克己

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 日本オプネク
スト株式会社内

【氏名】 山田 圭一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 日本オプネク
スト株式会社内

【氏名】 坂本 健太郎

【特許出願人】

【識別番号】 301005371

【氏名又は名称】 日本オプネクスト株式会社

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光モジュール及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体レーザと、該半導体レーザから出射されたビームを変換するレンズと、該変換されたビームを波長選択するフィルタと、該フィルタを透過したビームを入射する受光素子とを備え、

該フィルタは略平行な入射面と出射面を備えた円柱形状であって、該入射面の法線が前記円柱の中心軸に対して0度以外の角度を有することを特徴とする光モジュール。

【請求項2】

半導体レーザと、該半導体レーザから出射されたビームを変換するレンズと、該変換されたビームを波長選択するために入射面と出射面とが概ね平行であって、その入出射面もしくは、その延長面と交差する回転軸を有するフィルタと、該フィルタを透過したビームを入射する受光素子と、該フィルタの回転軸を該レンズを透過したビームの光軸中心に対して角度を持って配置する手段と、該フィルタの該回転軸を回転させて該フィルタへの該ビームの入射角度が調節された位置に該フィルタを固定する手段とを備えることを特徴とする光モジュール。

【請求項3】

基板と、半導体レーザと、該半導体レーザから出射されたビームを変換するレンズと、該変換されたビームを波長選択するフィルタと、フィルタを透過したビームを入射する受光素子とを備え、

該フィルタは、略平行な入射面及び出射面と、入射面と出射面の間に少なくとも一つの側平面を有し、該側平面と該基板とが0度以上の角度を有するように基板上に固定されていることを特徴とする光モジュール。

【請求項4】

請求項3記載の光モジュールにおいて、該フィルタと該基板との間には、該側平面と該基板との角度を保持するための保持部材を設けることを特徴とする光モジュール。

【請求項5】

請求項4記載の光モジュールにおいて、該保持部材と該フィルタをはんだ接着剤で接着することを特徴とする光モジュール。

【請求項6】

請求項5記載の光モジュールにおいて、該側平面には、はんだ付け用のメタライズが形成されていることを特徴とする光モジュール。

【請求項7】

請求項3乃至6のいずれかに記載の光モジュールにおいて、該フィルは複数の側平面を有することを特徴とする光モジュール。

【請求項8】

請求項1乃至7のいずれかに記載の光モジュールにおいて、該フィルタには位置合わせに用いる印が付されていることを特徴とする光モジュール。

【請求項9】

請求項1乃至8のいずれかに記載の光モジュールにおいて、該フィルタは基板上に配置され、該基板にはフィルタとの位置合わせに用いる印が付されていることを特徴とする光モジュール。

【請求項10】

半導体レーザと、該半導体レーザから出射されたビームを変換するレンズと、該変換されたビームを波長選択する入射面と出射面とが概ね平行なフィルタと、該フィルタを透過したビームを入射する受光素子とを有する光モジュールの製造方法は、

該レンズを出射した該ビームの光軸に対して回転軸が角度を持つように該フィルタを配置するステップと、

該回転軸を回転させて該フィルタへの該ビームの入射角度を調節するステップと、

該調節された位置に該フィルタを固定するステップと、
を備えることを特徴とする光モジュールの製造方法。

【請求項11】

請求項10記載の光モジュールの製造方法において、該フィルタの入射面の法

線は該回転軸に対して傾斜していることを特徴とする光モジュールの製造方法。

【請求項12】

半導体レーザと、該半導体レーザから出射されたビームを変換するレンズと、該変換されたビームを波長選択する入射面と出射面とが概ね平行なフィルタと、該フィルタを透過したビームを入射する受光素子とを有する光モジュールの製造方法は、

該フィルタの入射面の法線をビームの光軸に対して角度を持たせて該フィルタを配置するステップと、

該フィルタを該入射面の法線とは異なる軸を回転軸にして回転させて、該フィルタへの該ビームの入射角度を調節するステップと、

該調節された位置に該フィルタを固定するステップと、
を備えることを特徴とする光モジュールの製造方法。

【請求項13】

請求項10又は12記載の光モジュールの製造方法において、該調節ステップでは、該半導体レーザを出射したビームの光軸中心又は該光軸に対して平行な線を回転軸として該フィルタを回転させることを特徴とする光モジュールの製造方法。

【請求項14】

請求項13記載の光モジュールの製造方法において、該半導体レーザから出射されたビームの光軸中心に対して垂直方向にレンズ中心をオフセット配置することを特徴とする光モジュールの製造方法。

【請求項15】

半導体レーザと、該半導体レーザから出射されたビームを変換するレンズと、
その変換されたビームを波長選択するフィルタと、該フィルタを透過したビーム
を入射する受光素子とを有し、

該レンズは、レンズの光軸に対して平行な回転軸を備え、該レンズの出射面は
該回転軸に対して垂直な面から傾けられた形状を有していることを特徴とする光
モジュール。

【請求項16】

請求項15記載の光モジュールにおいて、該変換されたビームの一部を、該波長選択性フィルタを介して受光素子に入射し、残りのビームを別の受光素子に入射させることを特徴とする光モジュール。

【請求項17】

半導体レーザと、該半導体レーザから出射されたビームを変換するレンズと、その変換されたビームの方向を変換するウェッジ基板と、その変換されたビームを波長選択性するフィルタと、フィルタを透過したビームを入射する受光素子とを有し、

該ウェッジ基板の出射面を該回転軸に対して垂直から傾けた形状とし、該ウェッジ基板を入射側のビーム光軸を中心に回転可能な構造とすることを特徴とする光モジュール。

【請求項18】

請求項17記載の光るモジュールにおいて、該ウェッジ基板の入射面側に半透明膜を設けることを特徴とする光モジュール。

【請求項19】

一部の波長の光を透過する波長選択性フィルタであって、円柱中心軸に対して傾いた面と、該円柱の外周に沿ってレーザスポット溶接可能な金属を備えていることを特徴とする波長選択性フィルタ。

【請求項20】

円柱中心軸に対して傾いた面を備え一部の波長の光を透過する波長選択性フィルタであって、該円柱の外周に沿ってはんだ付け可能なメタライズを施すことを特徴とする波長選択性フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光モジュール及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバによる通信は、近年、伝送容量の大容量化が求められている。この

ため、一本の光ファイバに波長の異なる複数の光を伝送させ、大容量化を図る波長多重光通信システムが実用化されている。使用する波長は、光ファイバの伝送損失が小さい、波長1.3または1.55μm付近の帯域に限られているため、隣り合う波長の間隔を狭くすれば伝送可能な波長数を増やすことができる。使用する波長はITU (International Telecommunication Union) の勧告により、ITUグリッドとして標準化されており、使用波長の周波数間隔 (スペーシング) は、200GHz、100GHz、50GHzと狭くなる傾向にあり、これらを波長間隔で表すと1.6nm、0.8nm、0.4nmに対応する。波長間隔を狭くするためには、各波長の高精度な安定化が必要となり、その光源として、半導体レーザの発振波長を安定化した光モジュールの需要が伸びている。

【0003】

半導体レーザの発振波長を安定化した光モジュールにおいて、波長をモニタして安定化する方法がいくつか提案されてきた。特に繰り返し波長選択性を有するエタロンフィルタ (エタロン) は、複数の異なる波長に対して1ヶのエタロンで波長検出ができる利点があり、使用されている例が多い。波長を検出して安定化する方法として、レーザ光をレンズで拡散光にしてエタロンに斜めに入射して、入射角の異なる2ヶ所の透過光量の差をフォトダイオードで検出しており、例えば、特開平10-079723号公報「波長分割多重光伝送システム用の波長監視制御装置」に記載されている。

【0004】

また、レーザ光をレンズで平行光にして、ビームスプリッタで2分割して、一方の光をエタロンにほぼ直角に入射して、波長を検出安定化する方法として、例えば、「波長検出部内蔵チューナブルLDモジュール (2000.3の電子情報通信学会総合大会C-3-143)」に記載の技術がある。また、レーザ光の一部分のみをエタロンに入射してビームスプリッタを使用しない方法としては、例えば、特開2000-223747号公報「発光装置」に記載されている。

【0005】

また、上述の特開平10-079723号公報には、エタロンを基板に対して

水平方向に首振りすることが記載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

エタロンを利用した場合、エタロンの繰り返し波長選択性を利用して、複数の異なる波長に対して1ヶのエタロンで波長検出ができる利点があるが、その反面、特定の波長付近の変化を検出するには、一般には、エタロンへのレーザの入射角度を高精度に調芯・固定する必要がある。

上述のように、エタロンに対するレーザの入射角度を調整する方法としては、ベースに対して水平方向に首振りさせる方法も考えられるが、それだけではエタロンに対するレーザの入射角度が大きくなつた場合に、特性上エタロンの透過光量が減少する。

このため、前述のいずれの方法でも、直角の入射角度付近で、エタロンを首振りして高精度に調芯・固定する必要がある。

【0007】

本発明の目的はエタロンに対して入射されるレーザの入射角度を微調整することができる技術を提供することにある。

【0008】

本発明の他の目的はエタロンの繰り返し波長選択性を利用して、複数の異なる波長に対して波長検出をする場合に、エタロンに対するレーザの入射角度を高精度に調芯した光モジュールを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明の目的を達成するために、第1の発明では、半導体レーザと、該半導体レーザから出射されたビームを変換するレンズと、該変換されたビームを波長選択するフィルタと、フィルタを透過したビームを入射する受光素子とを備えた光モジュールであつて、フィルタはほぼ平行な入射面と出射面を備えた円柱形状であつて、入射面の法線が円柱の中心軸に対して0度以外の角度を有するものがある。

【0010】

このように、円柱形状のフィルタを用いているので、該フィルタをフィルタの中心軸に回転させることによりエタロンの透過光量を調整することができるので、特定の波長に対するエタロンの透過光量を容易に目標値に設定させることができる。

【0011】

また、第2の発明では、半導体レーザと、該半導体レーザから出射されたビームを変換するレンズと、該変換されたビームを波長選択するフィルタと、フィルタを透過したビームを入射する受光素子とを備えた光モジュールであって、フィルタは、ほぼ平行な入射面及び出射面と、入射面と出射面の間に少なくとも一つの側平面を有し、側平面と基板とが0度以上の角度を有するように基板上に固定されているものがある。

【0012】

この発明によれば、フィルタを一旦側平面で場所決めし、さらに、回転させることができるので、よりエタロンの透過光量の調整が容易に行うことができる。

【0013】

さらに、上記発明のフィルタと基板との間には、側平面と基板との角度を保持する保持部材を有するようにすれば、より安定するので、増加させたエタロンの透過光量の変動を防止することができる。

【0014】

なお固定にははんだを用いることにより固定できるが、側平面にはんだ付け用のメタライズを形成しておくと、はんだとフィルタの接着性が向上する。

【0015】

また、側平面を複数形成しておくと、その側平面で基板に固定することで、フィルタの透過特性を段階的に制御できるようになる。

【0016】

さらに、側平面を隣接配置させることで、フィルタの透過特性を連続的且つ段階的に変化させることができるようになる。

【0017】

また、フィルタに印を付しておくことにより、どの向きにフィルタを向けた場

合にどうようなエタロンの透過特性が得ることができるのかが、把握できるようになる。つまり、回転により透過特性を変化させる場合の基準点として用いることできるようになるので、より設置が容易になる。

【0018】

また、フィルタを基板上に配置して、基板にフィルタとの位置合わせに用いる印を付しておくことにより、フィルタに付した印やフィルタの凹凸との位置合わせが可能になるので、フィルタに印を付した場合と同様に設置が容易になる。

【0019】

また、フィルタの入射面の法線をビームの光軸に対して角度を持たせ、該角度とは異なる角度を回転軸にして回転させ、固定するようにしてフィルタを光モジュールに設置して製造すれば、フィルタの特性を設置の際に容易に変更できるようになる。

【0020】

また、前記半導体レーザを出射し、ビームの光軸中心又は該光軸に対して平行な線を回転軸としてフィルタを回転させるようにすると、より所望の透過特性を選ぶことができる。

【0021】

また、ビームの光軸中心に対して垂直方向にレンズ中心をオフセット配置するようすれば、さらに所望のフィルタ特性を得ることができる。

【0022】

また、上記発明とは異なる発明として、半導体レーザと、半導体レーザから出射されたビームを変換するレンズと、その変換されたビームを波長選択するフィルタと、フィルタを透過したビームを入射する受光素子とを備えた光モジュールにおいて、レンズの出射面が回転軸に対して垂直から傾けた形状をしているものをレンズに用いるものがある。

【0023】

この発明によっても、容易にフィルタの透過特性を変更することができるので、エタロンの透過光量を容易に目標値に設定させることができる。

【0024】

さらに、変換されたビームの一部を、波長選択性フィルタを介して受光素子に入射し、残りのビームを別の受光素子に入射させることにより、モニタリングをすることができるるので、透過光量を調整させるよう各部材の配置を制御できるようになる。

【0025】

また、さらに、異なる発明として、半導体レーザと、該半導体レーザから出射されたビームを変換するレンズと、その変換されたビームの方向を変換するウェッジ基板と、その変換されたビームを波長選択性フィルタと、フィルタを透過したビームを入射する受光素子とを備えた光モジュールにおいて、ウェッジ基板の出射面を回転軸に対して垂直から傾けた形状であって、ウェッジ基板を入射側のビーム光軸を中心に回転可能にする構造がある。

【0026】

この発明によっても、透過光量を容易に調整することができる。

【0027】

なお、ウェッジ基板の入射面側に半透明膜を付加したもの用いるとさらに好ましい。

【0028】

また、一部の波長の光を透過する波長選択性フィルタであって、円柱中心軸に対して傾いた面と、該円柱の外周に沿ってレーザスポット溶接可能な金属を備えさせるものを光モジュールのフィルタに適用すると、フィルタの透過特性を容易に調整することができる。

【0029】

また、円柱中心軸に対して傾いた面を備え一部の波長の光を透過する波長選択性フィルタの製造方法であって、該円柱の外周に沿ってはんだ付け可能なメタライズを施すものを用いると、フィルタの透過特性を容易に調整することができる。

【0030】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、幾つかの実施例を用い、図を参照して説

明する。

【0031】

まず、エタロンを用いた光モジュール全体の構成及び動作について図1をもつて説明する。

図1は本発明による光モジュールの第1の実施例を示す平面図である。半導体レーザ11より、前方に出射された光は第1前方レンズ17で平行な前方ビーム71になり、アイソレータ等（図示せず）を透過後、第2前方レンズ18にて集光され光ファイバフェルール19の端面の中心にあるファイバ29に入射され、通信用に使われる。この光の光量と波長を安定化するために、半導体レーザ11の後方に波長モニタ光学系が付加される。以下の同様の図では、本発明に直接関係しない前方の光学系は図示を省略する。

【0032】

波長モニタ光学系は、基板10上に部品が位置決めされ、はんだ付け、溶接、接着等により実装される。半導体レーザ11から後方に射出されたレーザ光は、レンズ12で平行な後方ビーム20にされる。後方ビーム20は、エタロン14bを透過後、波長変動を検出する第1の受光素子15に入射される。ここで、エタロンの特性を先に説明する。

【0033】

図2はエタロンでの光の状態を説明するためのエタロンの側面図である。図2に示すように、エタロン14は高い平行度と平面度を持ち、光学ガラスや石英ガラス等でできた平行平板であり、平行平板の両面は半透明膜41、42で構成される。入射ビーム100は、半透明膜41の膜反射率rにて決められる反射と透過の比率に従って、第1の反射ビーム111とエタロン内部を透過する光に分割され、半透明膜42にて反射される光とエタロン外部に出射される第1の透過ビーム121に分けられる。ここで、エタロン入射直角軸101に対するビーム入射角102とエタロンの屈折率が決まると、スネルの法則に従って、ビーム屈折角103は一意に決まる。以下同様に反射と透過が第1の反射ビーム111、第1の透過ビーム121、第2の反射ビーム112、第2の透過ビーム122、…とエタロンの両端面で繰り返される。このように発生する多くの波面が干渉

してファブリペロー型の干渉計が構成され、波長選択透過型のフィルタとなる。

【0034】

このエタロンを透過した光量は、第1の受光素子15で検出され、図3に示すような特性をもっている。

図3はエタロンを透過し、受光素子で受光される光ビームの波長に対する受光素子の電流特性を示す特性図であり、横軸に波長を、縦軸に電流を示す。光ビームは第1の受光素子15で受光され、その光量は電流に変換される。図に示すように、第1の受光素子15で受光される光ビームの波長の変動に対して、一定の波長間隔で繰り返しピークを持つ電流カーブ131となる。このため、安定化を希望する波長付近、例えば波長ロック点132で波長変動をモニタすることが可能となる。なお、電流136は平均電流であり、この電流の近傍で波長をロックしてモニタすると好適である。

【0035】

ここで、エタロンの透過特性について、もう少し説明する。繰り返しピークの間隔は、エタロン材質の屈折率と平行平板の厚みでおおむね決定される。ここでは、繰り返しピークの間隔が200GHz、100GHzよりも、透過損失が大きく、ビームに対する入射角度精度の厳しい50GHzスペーシングのエタロンについて図4を用いて説明する。

図4はエタロンに入射する光ビームの波長と透過率の関係を示す特性図であり、横軸に波長差(nm)を、縦軸に透過率を示す。この特性図は、理想的な平行光がエタロンに直角に入射した場合に、エタロンの膜反射率を20%、35%、50%と変化させた条件での計算値であり、それぞれ、曲線141は膜反射率20%の場合の計算値であり、曲線142は膜反射率35%の場合の計算値、曲線143は膜反射率50%の場合の計算値に対応する。50GHzスペーシングのエタロンでは、0.4nm間隔で繰り返しピークを持ち、膜反射率が大きい程、透過率の最低値であるボトムが小さくなっている。

【0036】

波長の制御は、ピーク144とボトム145a、145b、又は145c間の直線部146の中央付近で、透過率が一定、言い換えるとエタロンを透過する光

量（図3の電流131）が一定になるようにフィードバックする方法を想定している。この直線部146の波長範囲は広い程、波長の制御範囲が広くなる。つまり、グラフの形が三角波に近くなるような、膜反射率が望ましい。以上のエタロンの材質、厚み、膜反射率は一旦決定して製作してしまうと、変更が困難である。このため、特定の波長に前述の直線部146を一致させるには、エタロンに対するビームの入射角度、またはエタロンの温度を変化させることによって調節することが可能である。しかし、半導体レーザの波長は温度変化により制御することが一般的であり、光モジュールの内部で、半導体レーザとエタロンを別々に温度制御することは、構成が複雑になるため、現実的ではない。そこで、エタロンに対するビームの入射角度を調芯・固定した後、半導体レーザを温度調節して、波長制御することが一般的である。

【0037】

図5はエタロンへの光ビームの入射角度と透過光量の関係を示す特性図であり、横軸は光ビームのエタロンへの入射角度を示し、縦軸は透過光量を受光素子で変換した電流を示す。この特性図では入射ビームに対するエタロンの入射面の角度を、直角からの変化量と電流（光量の大きさ）との関係を示している。光ビームに対して直角付近のエタロン角度を変化させると、第1ピーク電流133と、第1ボトム電流134は必ず検出可能である。これらの電流の例ええば2分の1となるエタロン固定角度135で固定する。この状態で、波長を変化させると、図3の波長に対する電流131の関係になり、波長ロック点132にて、電流カープ131のほぼ中心に相当する波長ロック電流136が一定になるように制御すると、波長は一定に安定化される。ここで、実際の波長ロック点135でのエタロン角度は、ビームに対して直角の入射角から、100GHzスペーシングのエタロンでは、0.8~2.8度程度の範囲内で、50GHzスペーシングのエタロンでは、0.6~2.0度程度の範囲内で、目標とする波長によって変化し、その固定精度は±0.1~0.2度以内にする必要がある。

【0038】

次に、エタロンに対するビームの入射角度を上記記載の精度で、調芯・固定する方法について、図6~8を用いて比較説明する。各図に共通する構成として、

半導体レーザ11から出射されたレーザ光は、レンズ12で、わずかに拡散されたビーム20aか、ほぼ平行なビーム20になり、エタロン14を透過後、波長変動を検出する第1の受光素子15、又は受光素子15a、15bに入射される。

図6は従来光モジュールにおけるエタロンへの光ビームの入射角を調整する機構を示す平面図であり、前述の特開平10-079723号公報の主要構成を概略示したものである。この従来例では、エタロンを平面内で回転させてエタロンへのビーム入射角度を調節している。即ち、レンズ12で拡散されたビーム20aに対して、実線で示すエタロン14を θ_y 方向に回転して、点線で示すエタロン14aの角度のように、入射角度を調節し、入射角度に応じて、波長変動を検出する第1の受光素子15a、15bの光出力のバランスを調整する構成である。このように、エタロンを θ_y 方向に回転して、エタロンに対するビームの入射角を調整する方法が公知である。

これに対して、波長変動を検出する第1の受光素子15a、15bを1ヶのみとして光出力の絶対値を調整する構成でも、波長変動を調整することは原理的に可能である。この構成での、エタロンに対するビームの入射角の調整方法と精度を検討する。

【0039】

図7はエタロンを面内で回転させることによって、してエタロンへのビーム入射角を調整する原理を説明するための平面図である。図7では、先にレンズ12を固定し、実線で示すエタロン14を θ_y 方向に回転して、点線で示すエタロン14aの角度のように、入射角度を調節する構成である。例えば、エタロン14の幅が1mmの場合、0.1度入射角度を変化させるには、 $1000 \times \tan 0.1^\circ = 1.7 \mu\text{m}$ となり、 θ_y 回転によるエタロン左右の位置の固定にミクロンオーダの精度が必要となる。

【0040】

図8はレンズを移動してエタロンへの入射角を調節する原理を説明するための平面図である。図8では、先にエタロンを固定し、レンズ12を光軸と直角方向、即ち、図のX方向に移動して、実線で示されるビーム20を、点線で示される

ビーム20bにして、エタロン14に対する入射角度を調節する構成である。例えば、レンズ12の焦点距離 $f = 1 \text{ mm}$ の場合、0.1度入射角度を変化させるには、 $1000 \times \tan 0.1^\circ = 1.7 \mu\text{m}$ となり、レンズの固定にミクロンオーダの精度が必要となる。

【0041】

上記の方法では、エタロン、又はレンズの固定にミクロンオーダの精度が必要になるため、更に、固定精度を緩和する構成を示したものが、前述の図1の構成である。本発明では、回転角度の変化や移動距離の変化が直接光ビームのエタロンへの入射角変化とならず、この角度変化や移動距離の変化に対して、エタロンへの光ビームの入射角度の変化が小さく、微調整が可能な調節機構を提供することにある。

【0042】

図1では、先にレンズ12を固定し、レンズ光軸中心23に対してわずかに α だけ傾斜したエタロン回転軸27に対して、エタロン入射面がエタロン回転軸27の垂直面に対して更に β 傾斜したエタロン14bを、エタロン回転軸27を中心 θ 回転して、点線で示すエタロン14cのように、ビーム入射角度を調節する構成である。例えば、光軸23に対して、 $\alpha = 2$ 度傾斜した軸27に対して、入射面が軸27の垂直面に対して更に $\beta = 1.5$ 度傾斜したエタロン14bを、軸27を中心 θ 回転すると、ビームのエタロン14bに対する入射角は、 $\alpha \geq \beta$ の条件では、 $\alpha \pm \beta = 2 \pm 1.5^\circ$ 、つまり $0.5 \sim 3.5^\circ$ の範囲で調節可能となる。ちなみに、 $\alpha < \beta$ の条件では、 $(\beta - \alpha) \sim (\alpha + \beta)$ の範囲で調節可能となる。つまり、エタロン14bを θ 方向に $\pm 180^\circ$ 回転させると、ビームの入射角が $\pm 1.5^\circ$ 変化できる。前述の入射角 $\pm 0.1 \sim 0.2$ 度以内の固定精度を達成するには、 θ 方向への回転角度精度を大幅に緩和することが可能となる。実際の調芯・固定する作業では、エタロン14bを2本爪のチャックなど把持して θ 方向に回転させる場合が多い。このため、一度の把持動作でエタロンを持ち替えず θ 方向に回転できる範囲の方が作業上容易である。この場合、チャックの θ 方向の回転範囲はチャック爪と、基板10との干渉等を考慮すると $\pm 4.5^\circ$ 程度以内が一般的に望ましいので、 θ 方向の調整範囲を $\pm 180^\circ$ から ± 4

5°に制限すると、 β の角度を1.5°から6°に大きくし、 $\alpha \geq \beta$ の条件になるように例えば $\alpha = 6°$ とすると、入射角は、 $\alpha \pm \beta = 6 \pm 6°$ となる。この入射角可変範囲の一部を実際の調整に使用することになる。前述の入射角±0.1の固定精度を達成するには、 θ 方向へのおおよその回転角度精度は、±180° $\times 0.1° / 6° = \pm 3°$ 程度と概算され、大幅に緩和できることがわかる。以上より、エタロン14bに対して、エタロン14bを θ 方向に回転させて、図5のエタロン固定角度135に調芯して、前述のITUで決められた特定の波長に容易に合わせることができる構成としている。

【0043】

図9は本発明による光モジュールの第2の実施例を示す平面図である。図9に示す光モジュールでは、半導体レーザ11に対して、レンズ12をオフセット12cだけずらして固定し、レンズ光軸中心23aを α だけ傾斜させ、エタロン回転軸27をモジュールのZ座標系に平行とした構成である。エタロン回転軸27の垂直面に対するエタロン14bの入射面は β 傾斜しており、ビーム入射角の調整原理は、図1同様である。レンズ12をオフセット12cだけずらして α 角を決定する構成の方が、基板10の端面やZ座標軸に対して、エタロン回転軸27を平行にできるため、基板10や装置の構造上でより適した構成である。

【0044】

図10は本発明による光モジュールの第3の実施例を示す平面図であり、図10に示す実施例は、前述の図6の構成に図1の構成を応用した実施例である。レンズ12で拡散されたビーム20aの中心であるレンズ光軸中心23に対してわずかに α だけ傾斜したエタロン回転軸27に対して、エタロン入射面がエタロン回転軸27の垂直面に対して更に β 傾斜したエタロン14bをエタロン回転軸27を中心に θ 回転して、点線で示すエタロン14cの範囲内で、ビーム入射角度を調節する構成である。これにより、図6の θ_y 方向への回転角度精度に比べて、 θ 方向への回転角度精度を緩和することが可能となる。

【0045】

さて、後方のビームをビームスプリッタで分岐した場合の実施例について図11を用いて説明する。

図1-1は本発明による光モジュールの第4の実施例を示す平面図である。図1-1では、半導体レーザ1-1から後方に射出されたレーザ光は、後方レンズ1-2で平行なビーム2-0にされ、片面にハーフミラーを有する平面型ビームスプリッタ1-3で、ビームスプリッタ反射ビーム2-1とビームスプリッタ透過ビーム2-2に分割される。ビームスプリッタ反射ビーム2-1は、レーザ光量を受光する第2の受光素子1-6に入射される。一方、ビームスプリッタ透過ビーム2-2は、エタロン1-4bを透過後、波長変動を検出する第1の受光素子1-5に入射される。平面型ビームスプリッタ1-3を使用して、ビームを分割し、2ヶの受光素子1-5、1-6にそれぞれ入射する構成としているが、ビームスプリッタ透過ビーム2-2については、図1の調節原理を同様に適用できる。エタロン1-4bの回転軸をZ軸に対して α だけ傾け、エタロン1-4bを θ 方向に回転させて、図5のエタロン固定角度1-3-5に調芯し、前述のITUで決められた特定の波長に合わせることができる構成としている。ここでは、平面型ビームスプリッタ1-3を使用した場合を示したが、直角2等辺三角形のプリズム2ヶをハーフミラー面で貼り合わせたキューブ式ビームスプリッタを用いる場合でも、同様の構成が実現できることはいうまでもない。

【0046】

ここで、エタロンの回転、固定の実装構造の代表的な実施例を、図1-1のA-A'断面の矢視図である図1-2、1-3を用いて具体的に説明する。

図1-2は図1-1の矢印A-A'方向から見たエタロンの実装構造の一実施例を示す側面図である。図1-2の実施例では、エタロン1-4dはレーザスポット溶接で固定される。基板1-0にコの字状の溝1-0aを設ける。はんだ付け、低融点ガラス付け、圧入などの接合手段により、SUS430やコバルトなどで出来た円柱状エタロンケース1-4eの中に四角いエタロン1-4dをあらかじめ固定しておく。次に、ビームに対して、円柱状エタロンケース1-4eを θ 方向に回転させて、所望のエタロン固定角度に調芯し、その後、YAGレーザ3-1により、スポット溶接して固定する。

【0047】

図1-3は図1-1の矢印A-A'方向から見たエタロンの実装構造の他の実施例

を示す側面図である。図13の実施例では、エタロンは、はんだ付けで固定される。基板10にVの字状の溝10bを設ける。円柱状に加工され、外周面にはんだ付け用のメタライズが施されたエタロン14fを、θ方向に回転させて、所望のエタロン固定角度に調芯した後、ビーム加熱33等により、はんだ32のように溶融して固定する。

【0048】

以上はエタロンを光軸に近い軸回りに、回転して調節する方法であったが、次に、エタロンを先に固定しておき、レンズ等の光軸回りの回転でビーム入射角を調節する実施例について図14を用いて説明する。

図14は本発明による光モジュールの第5の実施例を示す平面図であり、端面が斜めに研磨されたGRIN(Graded-Index)レンズを光軸回りに回転させる実施例である。まず、端面斜め研磨されたGRINレンズ12aの中心軸23aに直交する面に対して、わずかに α 傾斜して、エタロン14を固定する。その後、端面斜め研磨されたGRINレンズ12aを光軸回りの θ_z 方向に回転して、実線で示されるビーム20を、点線で示されるビーム20aに首振りさせて、エタロン14に対する入射角度を調節する構成である。例えば、端面をレンズの光軸に対して 3° 度に斜め研磨されたGRINレンズ12aを使用した場合、レンズの光軸中心部分の屈折率を1.5と仮定すると、スネルの法則に従って、レンズ中心軸23aに対するビームの屈折角度 β は、 $1.5 \times \sin 3^\circ = \sin (3^\circ + \beta)$ で求められ、 β は約 1.5 度となる。一方、レンズの中心軸23aに直交する面に対して、 $\alpha = 2^\circ$ 傾斜して、エタロン14を固定する。その後、光軸に対して4度に斜め研磨されたGRINレンズ12aを中心軸23a回りに θ_z 方向に 360° 回転すると、ビームのエタロン14に対する入射角は、 $\alpha \pm \beta = 2 \pm 1.5^\circ$ の範囲で調節可能となる。前述のエタロンを光軸に近い軸回りに回転する方法同様に、レンズの θ_z 方向への回転角度精度を緩和することが可能となる。

【0049】

次に、図15を用いて、レーザ光量を受光する第2の受光素子を追加した場合の実施例について説明する。

図15は本発明による光モジュールの第6の実施例を示す側面図である。図15の実施例では、まず、Z軸に対して、わずかに θ_y 方向に傾斜して、エタロン14fを固定する。その後、端面斜め研磨されたGRINレンズ12aを光軸回りの θ_z 方向に回転して、実線で示されるビーム20を、点線で示されるビーム20aにして、エタロン14に対する入射角度を調節する構成である。平行な後方ビーム20の一部のビーム25は、レーザ光量を受光する第2の受光素子16に直接入射される。一方、後方ビーム20の残り部分のビーム24は、エタロン14fを透過後、波長変動を検出する第2の受光素子15に入射される。

【0050】

ここで、端面斜め研磨されたGRINレンズ12eの回転、固定の実装構造の代表的な具体的実施例について説明する。Si基板にエッチングでV溝を形成したレンズ台10cの上に、半導体レーザ11をはんだ付け等で固定し、基板10上に固定する。次に、エタロン14fや第1及び第2の受光素子15、16を基板10の上に固定する。最後に、外周面にはんだ付け用のメタライズが施されたGRINレンズ12aを、 θ_z 方向に回転調整し、レンズ台10cのV溝にはんだ付けして固定する。以上により、実装面でも、本発明の構成が実現できることが説明できる。このように、第1、第2の受光素子15、16をY方向に縦配列すると、エタロン14fの固定場所に影響を受けずに、ビーム20の光量をエタロン透過ビーム24とビーム25に分割できるという、利点がある。

【0051】

以下に、図15の第1、第2の受光素子を横に配置した構成を、図16を用いて説明する。

図16は本発明による光モジュールの第7の実施例を示す平面図である。後方ビーム20の一部のビーム25は、レーザ光量を受光する第2の受光素子16に直接入射され、残り部分のビーム24は、エタロン14を透過後、波長変動を検出する第1の受光素子15に入射される。図15に比べて、基本的には、ビームの分割方向が異なるだけだが、横方向に配置した場合は、レーザ光量を受光する第2の受光素子16の固定位置をより自由に選びやすい。具体的には、エタロン14のエッジ14gで発生するビーム20の回折光の影響を避けるために、第2

の受光素子16の配置を考慮する手段が必要になる。図15のように、第1、第2の受光素子15、16が縦配列される場合は、受光素子を基板34等に固定して配置しても、Y方向には調整しにくく、主にZ方向の調整になる。これに対し、図16では、X、Zの両方向に調整しやすい利点もある。以上のように、PD1、2の配置する方向は、実施目的に応じて利点を選択すればよく、本発明の実施の障害にはならない。

【0052】

次に、レンズ、エタロンともに固定した場合の実施例を図17、図18を用いて説明する。

図17は本発明による光モジュールの第8の実施例を示す平面図である。図17の実施例では、図14で使用した端面斜め研磨されたGRINレンズ12をボールレンズや非球面レンズ等の端面が原理的に斜め研磨しにくいレンズで構成した場合の実施例である。図14の端面斜め研磨されたGRINレンズ12の代わりに、図17の実施例では、ボールレンズや非球面レンズ等の端面が斜め研磨しにくいレンズ12bとウェッジ基板28で構成される。レンズ12bで平行なビーム20にされ、その後、ウェッジ基板28を透過する。ウェッジ基板の出射側面の傾斜角度 γ とウェッジ基板の屈折率に基づいて、ビーム20の角度は β 角度曲げられる。この後は、図16と同様に、一部のビーム25は、レーザ光量を受光する第2の受光素子16に直接入射される。一方、ビーム20の残り部分のエタロン透過ビーム24は、エタロン14を透過後、波長変動を検出する第1の受光素子15に入射される。エタロン14へのビーム入射角度は、エタロン14に対して、ウェッジ基板28のみを θ_z 方向に回転させて、ビームを首振りさせて、目標のエタロン固定角度に調芯し、前述のITUで決められた特定の波長に合わせることができる構成としている。

【0053】

次に、後方のビームをビームスプリッタで分岐した場合の別の実施例について説明する。

図18は本発明による光モジュールの第9の実施例を示す平面図である。図18の実施例は、図11の実施例と同様に、後方のビームをビームスプリッタで分

岐する構成であるが、ここでは、ウェッジ型ビームスプリッタ13aを使用する。半導体レーザ11から後方に射出されたレーザ光は、後方レンズ12で平行なビーム20にされ、片面にハーフミラーを有するウェッジ型ビームスプリッタ13aで、ビームスプリッタ反射ビーム21とビームスプリッタ透過ビーム22に分割される。ビームスプリッタ反射ビーム21は、図11と同様に、レーザ光量を受光する第2の受光素子16に入射される。一方、ビームスプリッタ透過ビーム22は、ウェッジ型ビームスプリッタ13aのウェッジ傾斜角と屈折率に基づいて、ビーム角度は曲げられる。この後は、エタロン14を透過後、波長変動を検出する第1の受光素子15に入射される。ビームスプリッタ透過ビーム22は、XZ回転軸26を中心に、ウェッジ型ビームスプリッタ13aをθxz回転させることにより、エタロン14に対する入射角度を調節でき、ITUで決められた特定の波長に合わせることができる構成を実現できる。本実施例では、例として、ウェッジ型のビームスプリッタ13aを用いる場合について説明したが、キューブ式ビームスプリッタの透過光の出射側にウェッジ基板を回転させる構成としても、図18の実施例と同様にビーム角度調整は容易に構成可能であることはいうまでもない。

【0054】

本実施例において、エタロンは略平行な入射面及び出射面と、入射面と出射面の間に少なくとも一つの側平面を有し、該側平面と該基板とが0度以上の角度を有するように基板上に固定される。例えば、エタロンを円柱形とし、その入出射面を略平行にし、円柱形の側面を削って側平面とし、この面を使ってエタロンを基板に固定する。また、このエタロンと基板との間には、この側平面と基板との角度を保持するための保持部材を設けてもよい。この保持部材とエタロンははんだで接着される。または、この側平面には、はんだ付け用のメタライズが形成し、これによってはんだ付けしても良い。また、エタロンに複数の側平面を設けても良い。

【0055】

また、エタロンに位置合わせに用いる印を、この印を基に基板に組みつけても良い。また、エタロンを組み付ける基板にもエタロンとの位置合わせに用いる印

をつけても良い。

【0056】

以上述べたように、本発明によれば、エタロンの繰り返し波長選択性を利用して、複数の異なる波長に対して波長検出ができる波長モニタ光学系において、回転軸に対して傾斜した入射面を持つエタロンを光軸に近い回転軸回りに回転したり、もしくは、端面を斜めに研磨したレンズを光軸回りに回転したりして、エタロンに対するビームの入射角度を変化調節して、エタロンに対するレーザの入射角度を高精度に調芯・固定することができる。これにより、ITUグリッドに対するモニタ波長ずれを防止し、工程歩留まりを向上させることができる光モジュールを提供することができる。

【0057】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、エタロンに対するレーザの入射角度を高精度に調芯・固定することができる。

また、ITUグリッドに対するモニタ波長ずれを防止し、工程歩留まりを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による光モジュールの第1の実施例を示す平面図である。

【図2】

エタロンでの光の状態を説明するためのエタロンの側面図である。

【図3】

エタロンを透過し、受光素子で受光される光ビームの波長に対する電流特性を示す特性図である。

【図4】

エタロンに入射する光ビームの波長と透過率の関係を示す特性図である。

【図5】

エタロンへの光ビームの入射角度と透過光量の関係を示す特性図である。

【図6】

従来光モジュールにおけるエタロンへの光ビームの入射角を調整する機構を示す平面図である。

【図7】

エタロンを面内で回転させることによって、エタロンへのビーム入射角を調整する原理を説明するための平面図である。

【図8】

レンズを移動してエタロンへの入射角を調節する原理を説明するための平面図である。

【図9】

本発明による光モジュールの第2の実施例を示す平面図である。

【図10】

本発明による光モジュールの第3の実施例を示す平面図である。

【図11】

本発明による光モジュールの第4の実施例を示す平面図である。

【図12】

図11の矢印A-A'方向から見たエタロンの実装構造の一実施例を示す側面図である。

【図13】

図11の矢印A-A'方向から見たエタロンの実装構造の他の実施例を示す側面図である。

【図14】

本発明による光モジュールの第5の実施例を示す平面図である。

【図15】

は本発明による光モジュールの第6の実施例を示す側面図である。

【図16】

本発明による光モジュールの第7の実施例を示す平面図である。

【図17】

本発明による光モジュールの第8の実施例を示す平面図である。

【図18】

本発明による光モジュールの第9の実施例を示す平面図である。

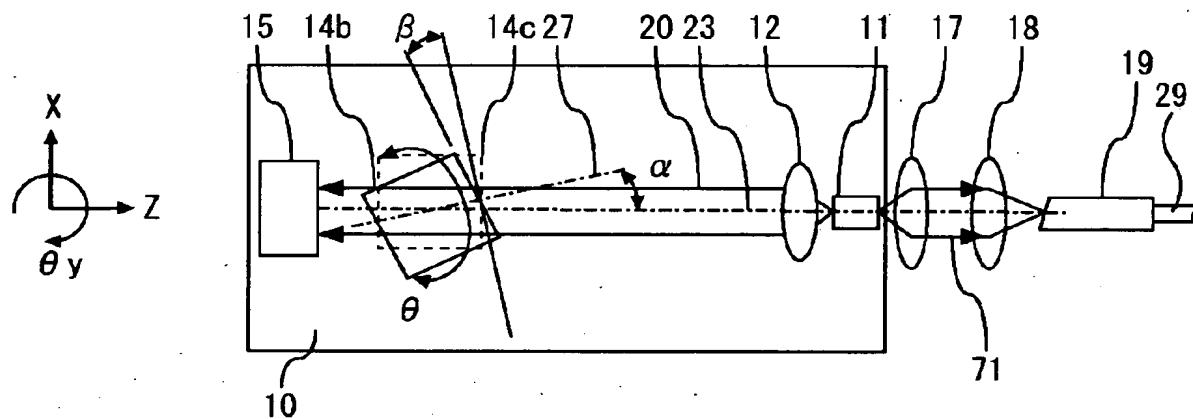
【符号の説明】

10…基板、10a…コの字状の溝、10b…Vの字状の溝、10c…レンズ台、11…半導体レーザ、12…レンズ、12a…端面斜め研磨されたGRINレンズ、12b…レンズ、12c…オフセット、13…平面型ビームスプリッタ、13a…ウェッジ型ビームスプリッタ、14、14a、14b、14c、14d、14f…エタロン、14e…エタロンケース、14g…エタロンエッジ、15、15a、15b…第1の受光素子、16…第2の受光素子、17…第1前方レンズ、18…第2前方レンズ、19…光ファイバフェルール、20、20a、20b…ビーム、21…ビームスプリッタ反射ビーム、22…ビームスプリッタ透過ビーム、23…レンズ光軸中心、23a…中心軸、24…エタロン透過ビーム、25…ビーム、26…XZ回転軸、27…エタロン回転軸、28…ウェッジ基板、31…YAGレーザ、32…はんだ、33…ビーム加熱、34…基板、41、42…半透明膜、71…前方ビーム、100…入射ビーム、101…エタロン入射直角軸、102…ビーム入射角、103…ビーム屈折角、111…第1の反射ビーム、112…第2の反射ビーム、121…第1の透過ビーム、122…第2の透過ビーム、131…電流カーブ、132…波長ロック点、133…第1ピーク電流、134…第1ボトム電流、135…エタロン固定角度、136…波長ロック電流、141、142、143…曲線、144…ピーク、145…ボトム、146…直線部。

【書類名】 図面

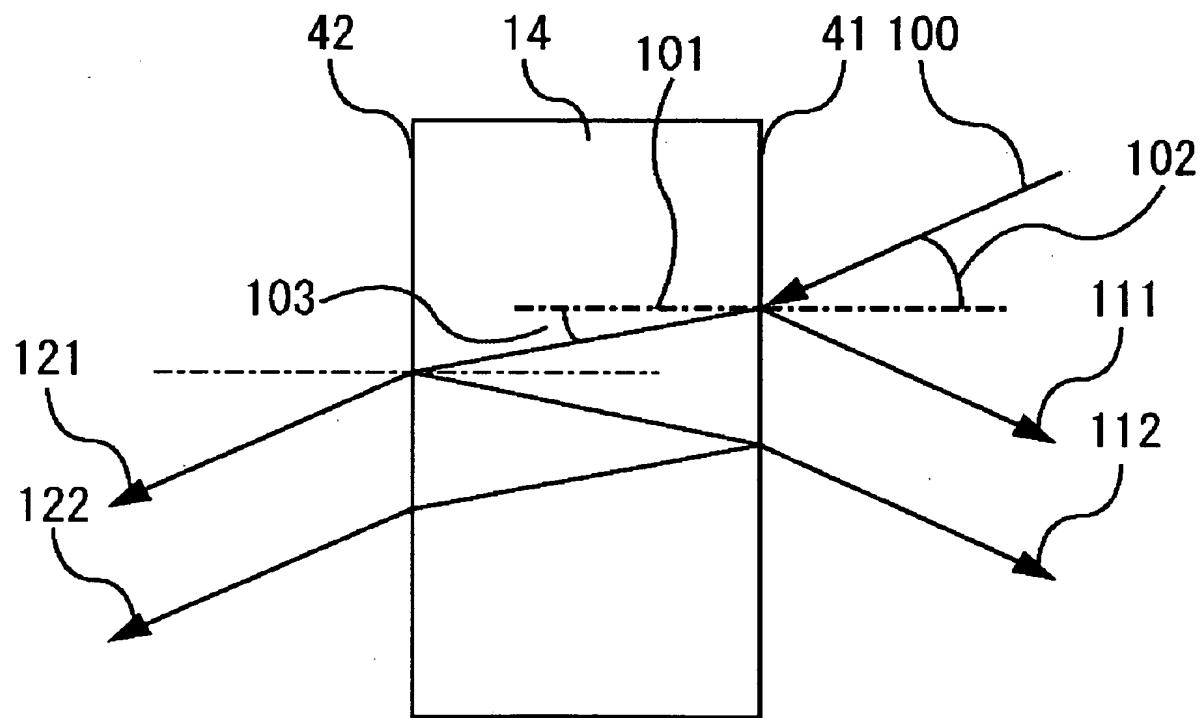
【図1】

図1



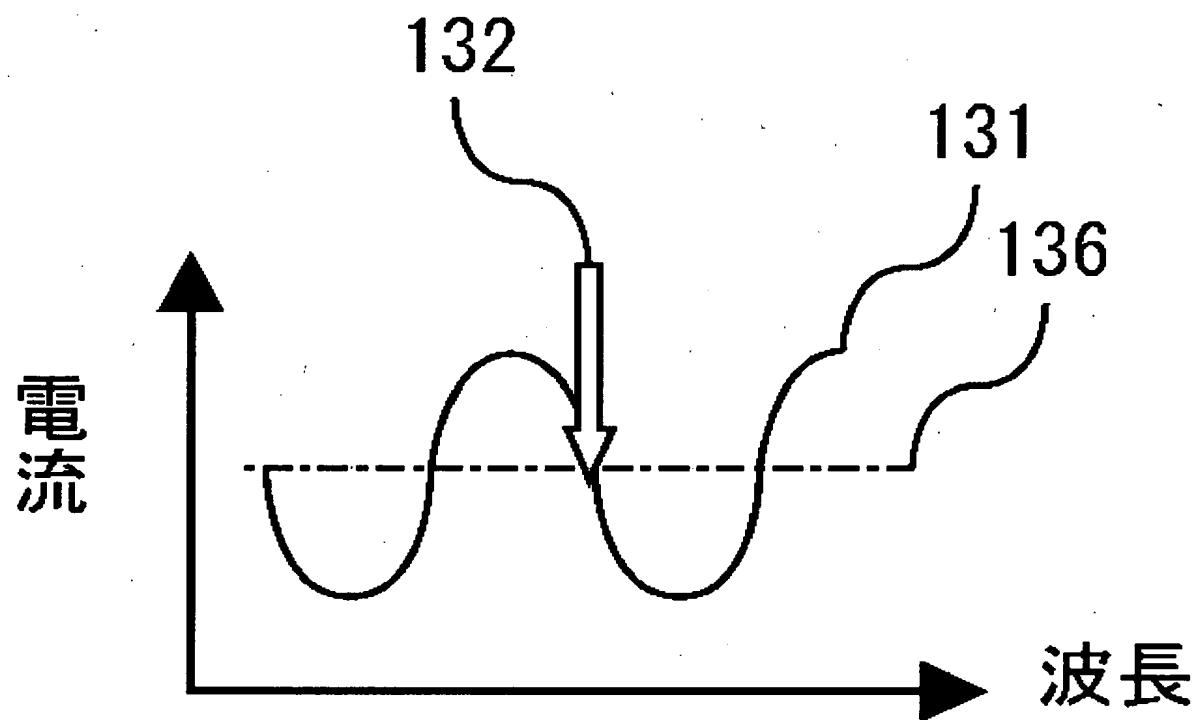
【図2】

図2



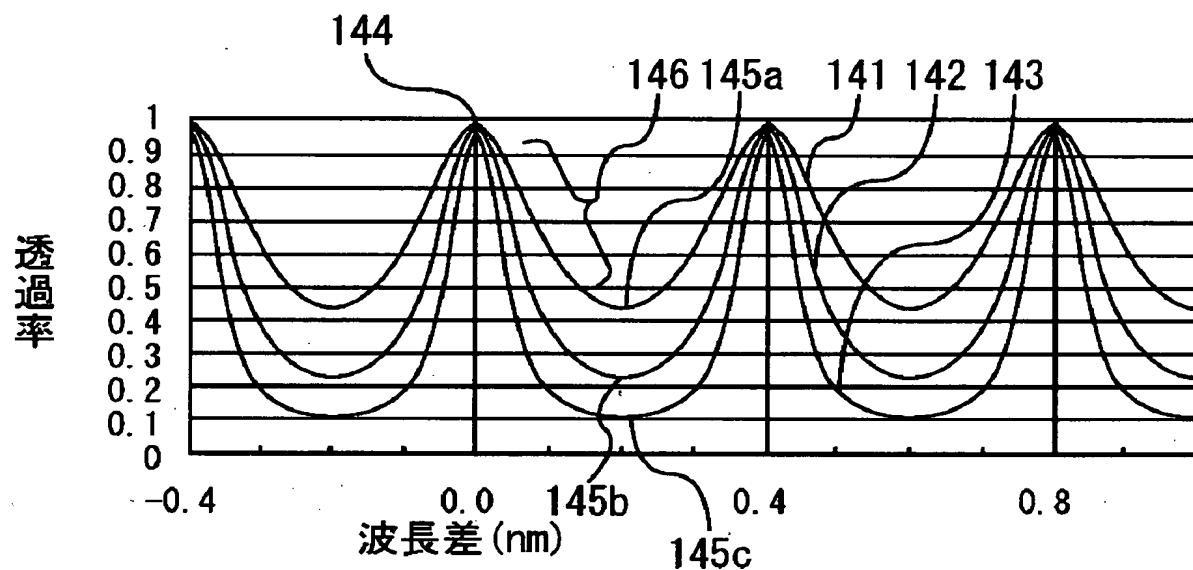
【図3】

図3



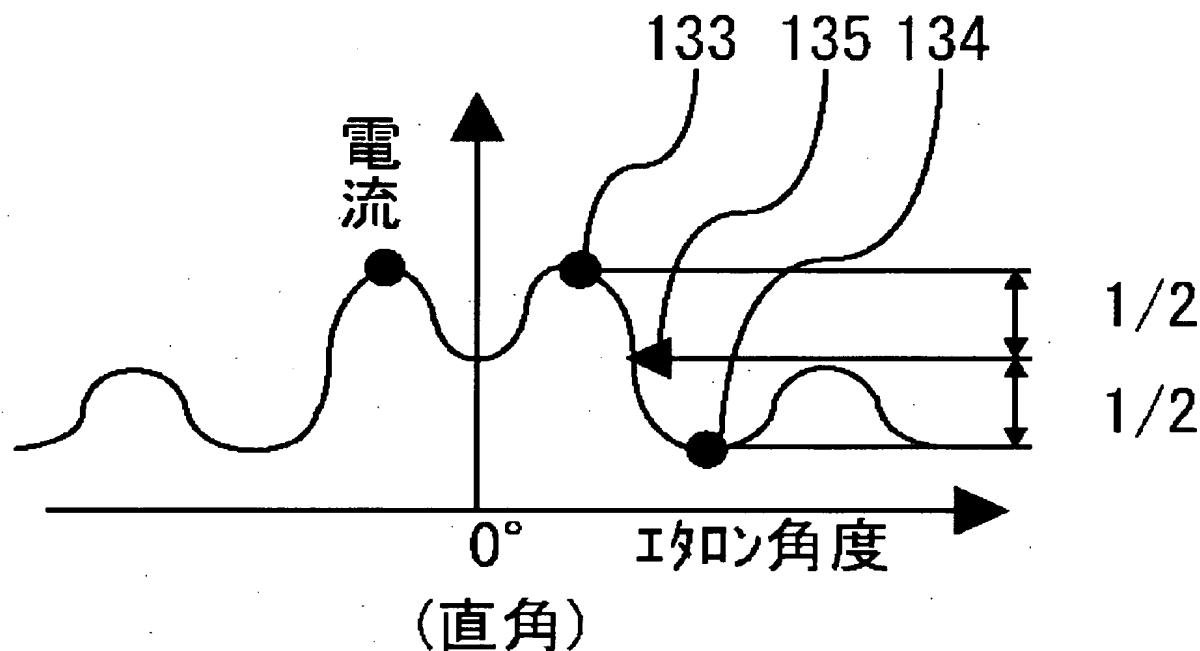
【図4】

図4



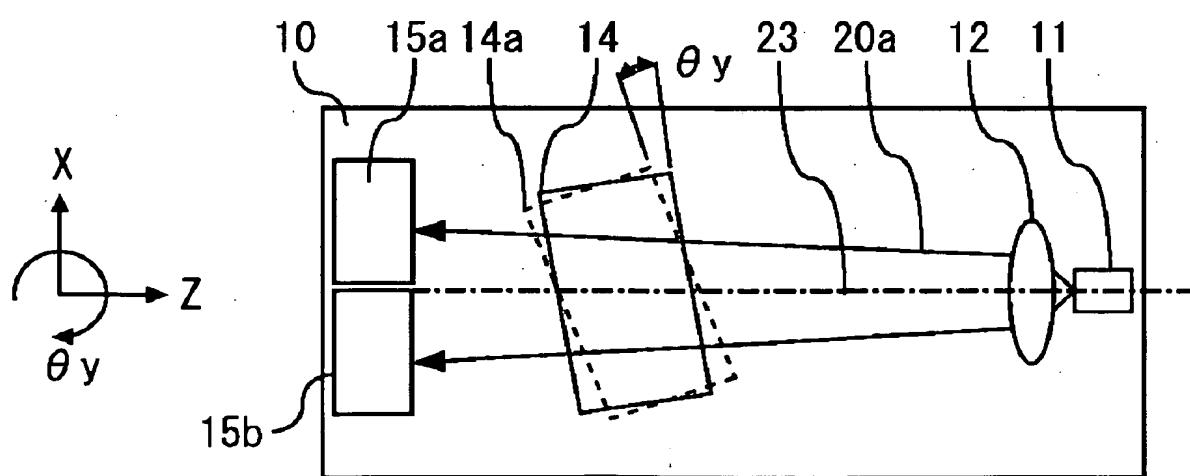
【図5】

図5



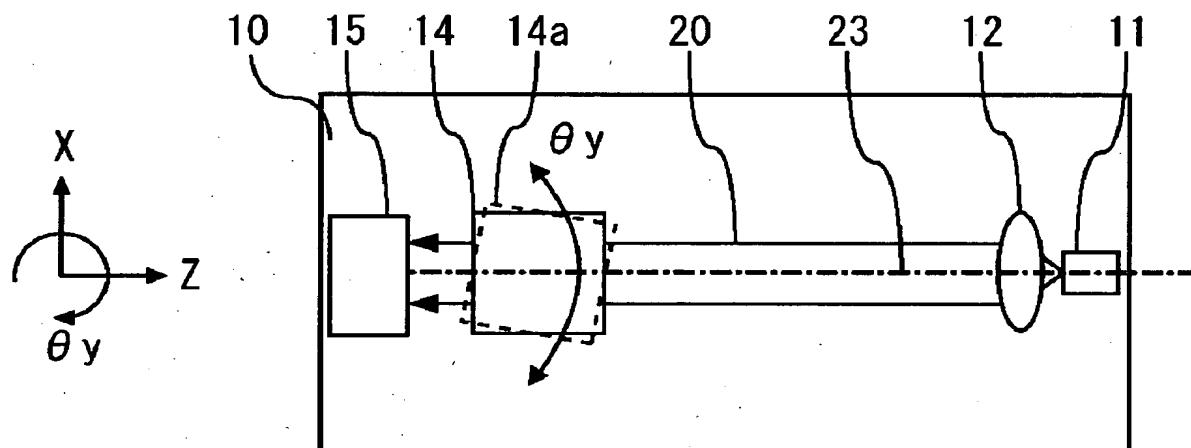
【図6】

図6



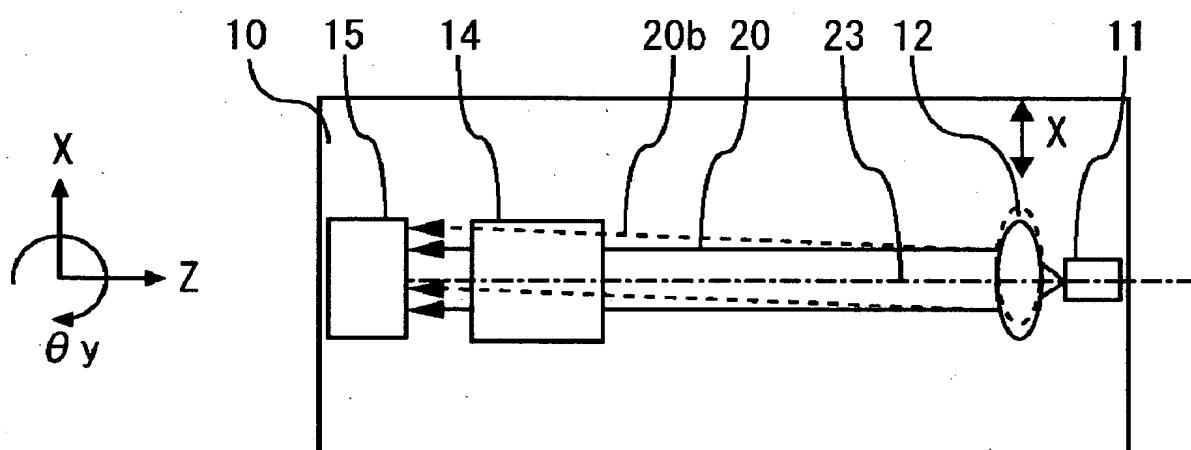
【図7】

図7



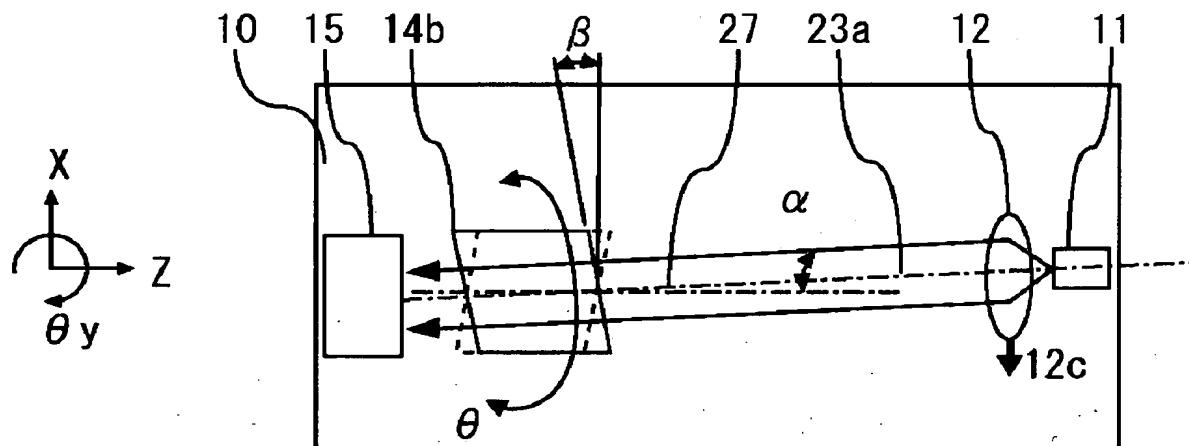
【図8】

図8



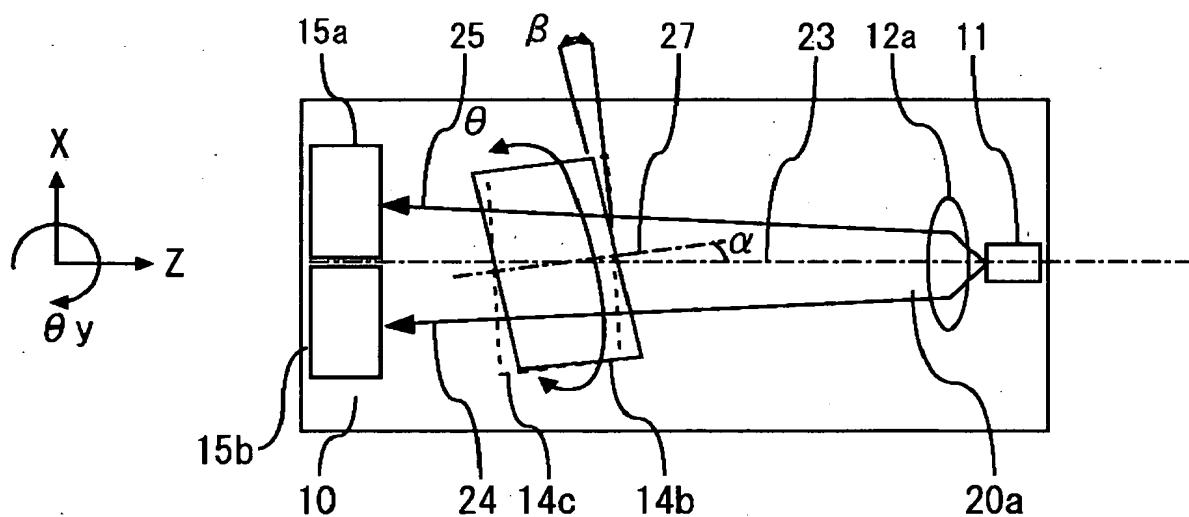
【図9】

図9



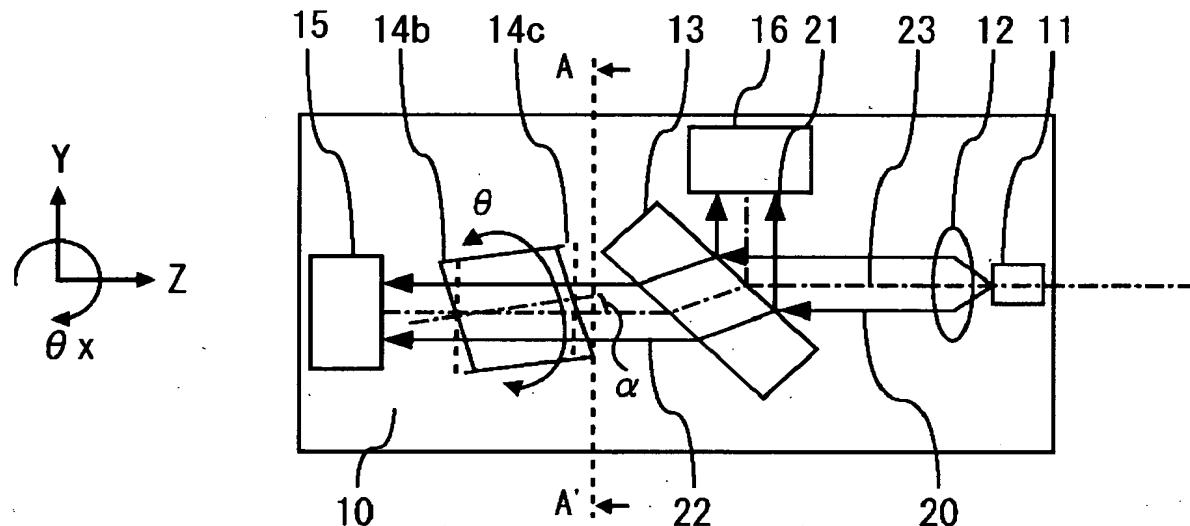
【図10】

図10



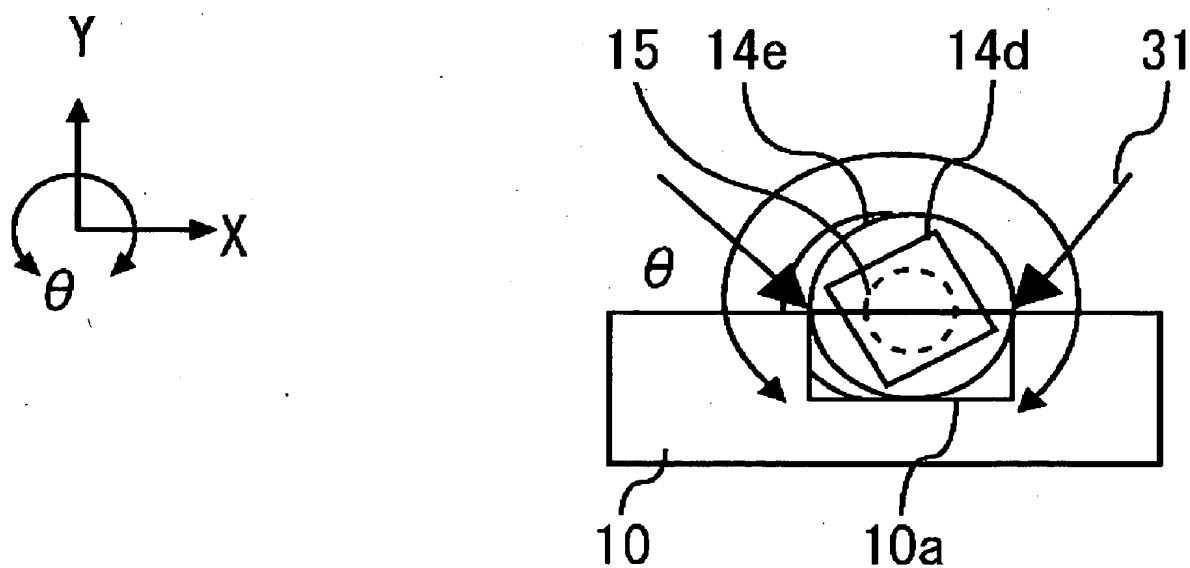
【図11】

図11



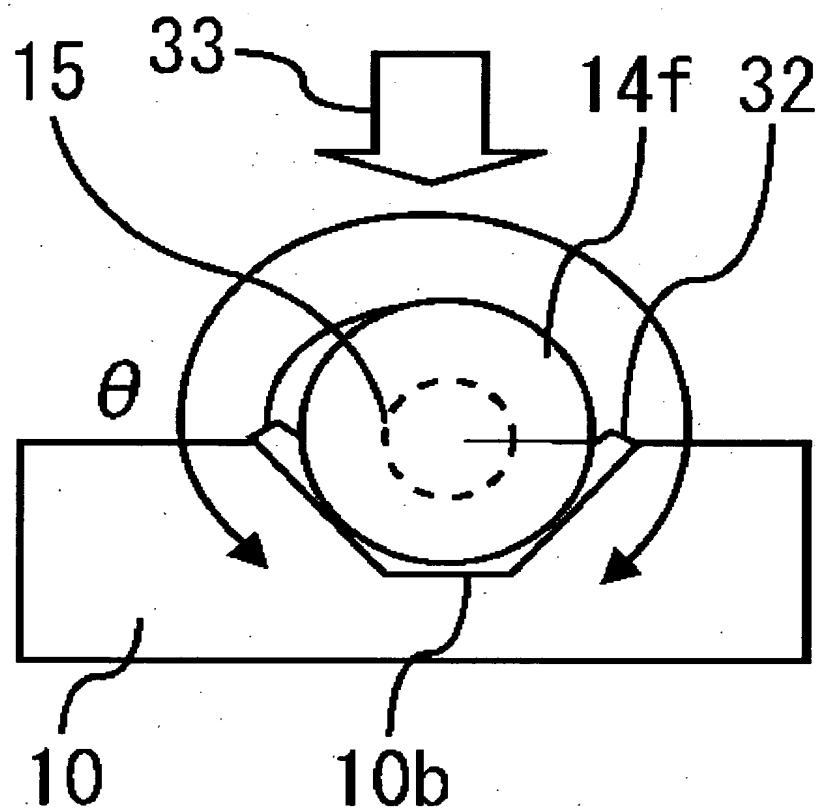
【図12】

図12



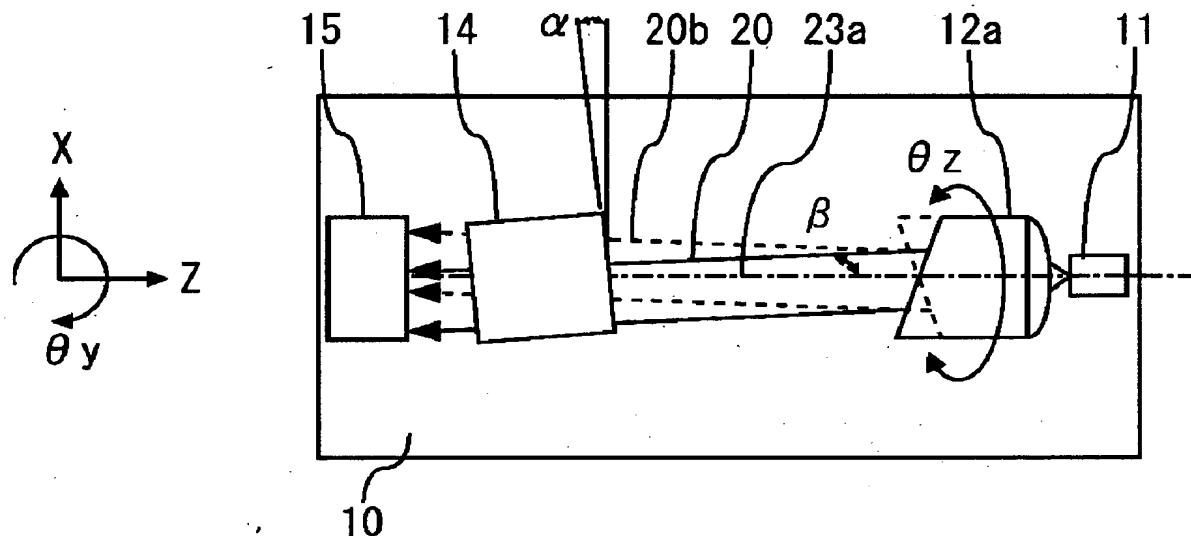
【図13】

図13



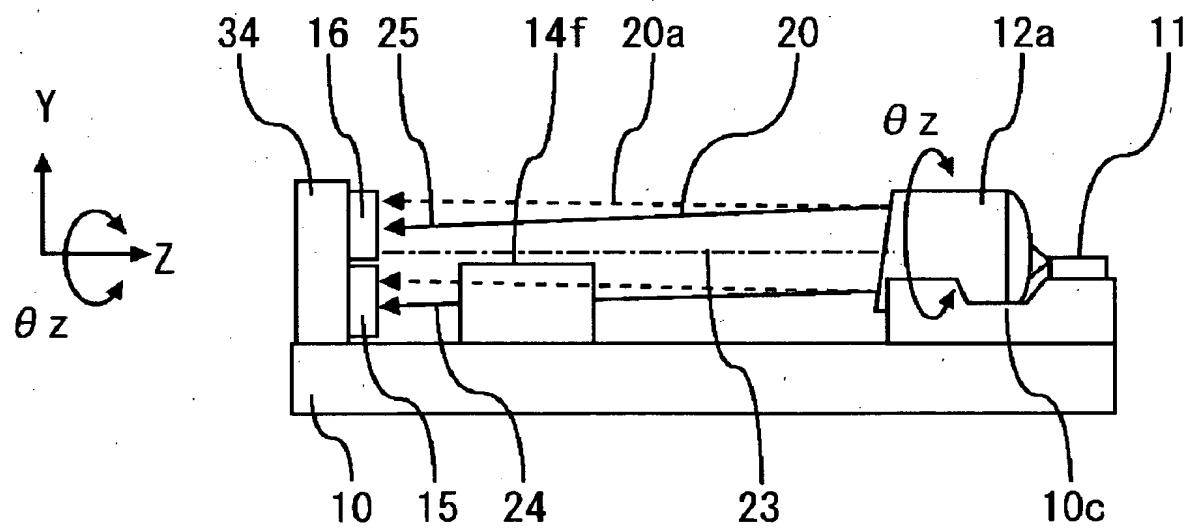
【図14】

図14



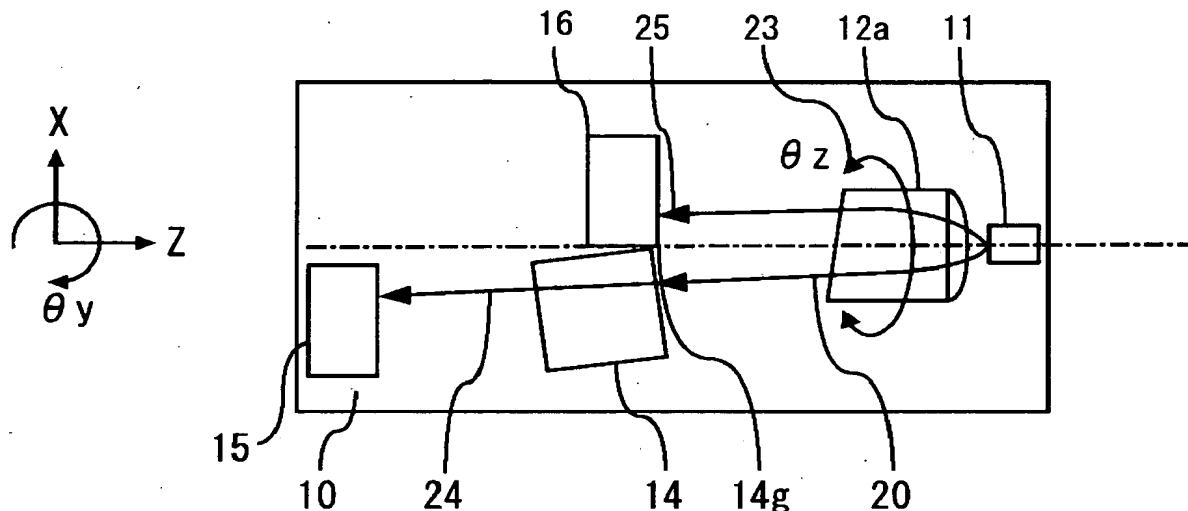
【図15】

図15



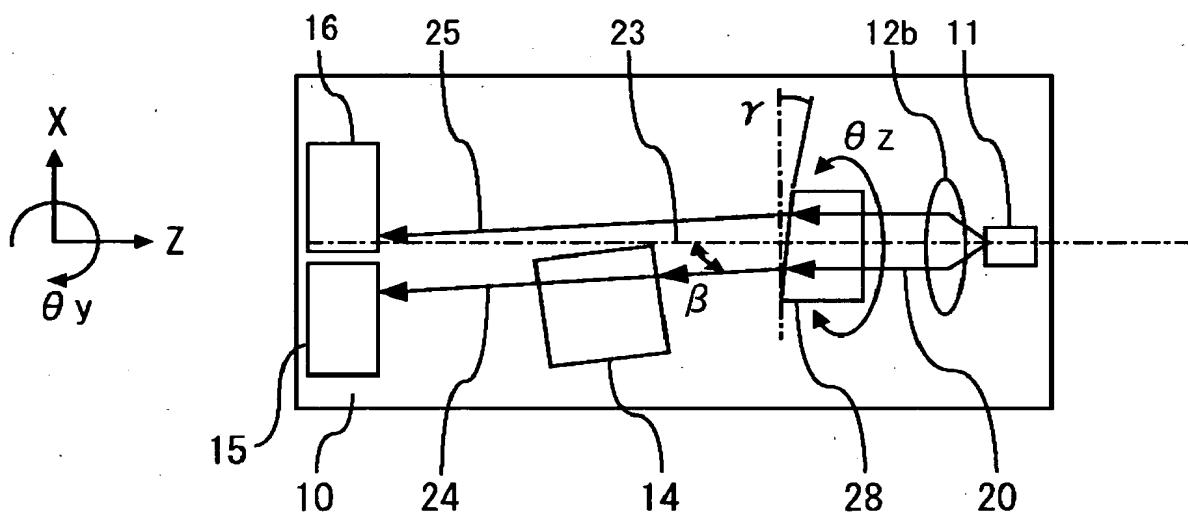
【図16】

図16



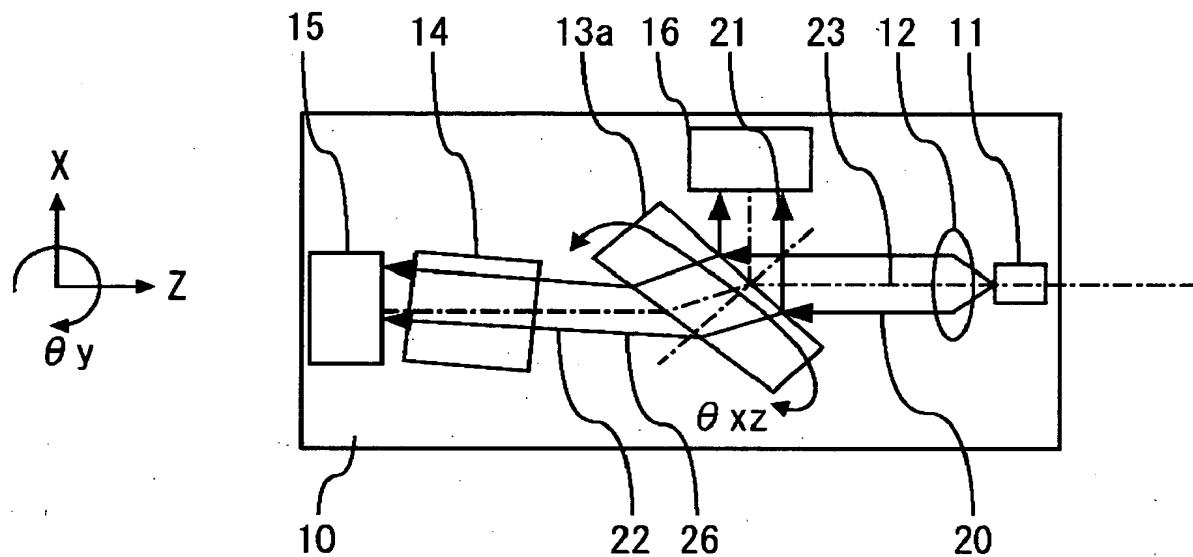
【図17】

図17



【図18】

図18



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 エタロンに対するレーザの入射角度を高精度に調芯・固定することができる光モジュールを提供する。

【解決手段】 回転軸に対して傾斜した入射面を持つエタロンを光軸に近い回転軸回りに回転するか、もしくは、端面を斜めに研磨したレンズを光軸回りに回転するかの方法によって、エタロンに対するビームの入射角度を微妙に変化調節できる構成とし、エタロンに対するレーザの入射角度を高精度に調芯・固定を可能とする。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [301005371]

1. 変更年月日 2001年 3月16日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地

氏 名 日本オプネクスト株式会社